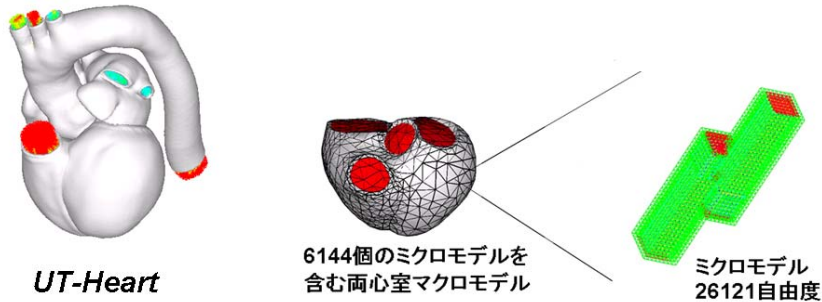


様式 1 : HPC 特別プロジェクト報告書

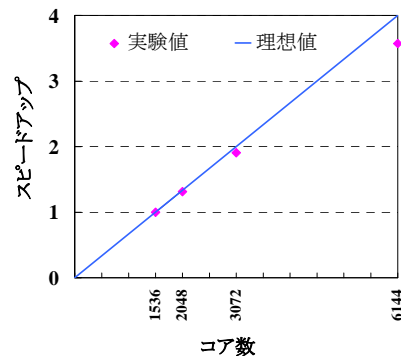
プロジェクト名 : 超並列計算によるマルチスケール・マルチフィジックス心臓シミュレーション

代表者 (所属) : 久田 俊明 (東京大学大学院新領域創成科学研究科)

当研究チームでは、細胞イオンチャンネルや収縮タンパクの数理モデルから出発し有限要素法でモデル化された心室の収縮、血液の拍出に至る現象を一貫して再現できる心臓シミュレータ、*UT-Heart*を開発した。一方、有限要素法に基づく心筋細胞も並行して開発し、両者を組み合わせることでシームレスなマルチスケール・マルチフィジックス心臓シミュレーションを実施するための準備を進めてきた。本 HPC 特別プロジェクトでは、下図に示すように規模を縮小した両心室モデルと細胞マイクロモデルを用い、6144 コアを用いて総自由度 1 億 6 千万の非線形動的マルチスケール解析を実施し、15.4 時間の実行時間で 1.5 心拍 (1.5 秒分) の拍動を再現した。



本マルチスケール解析は均質化法(homogenization method)に基づいており、巨視的な心筋の構成則 (応力・歪関係式) を仮定することなく、心室モデルの各有限要素内でそれぞれ定義される周期的に連なった細胞群が興奮収縮することからマクロな心臓を拍動させ、血液を拍出させる。一方、マクロ解析での結果は各細胞モデルにフィードバックされ、その特性を変える。総ての現象は非線形であり、厳密な均質化解析には膨大な計算時間を要するが、これを独自の計算アルゴリズムを用い T2K の豊富なメモリ資源をフルに活用して効率化し、実用規模での計算を可能にした。なお、あわせて並列化効率を調べたが、右図に示されるようにコア数に対し良好な計算速度増加を得た。このような高いスケラビリティが得られるのは、殆どの計算時間を各コア上で独立に実行できる細胞マイクロモデルの計算が占めるからである。



当研究チームでは、近い将来、数万以上のコアを有する超並列計算機を用い、精密なモデルによるシミュレーションを行うことで、分子生物学の知見を臨床医学に結びつけ医療に貢献することを目指している。

本プロジェクトは富士通 (株) との共同研究の一環として行われた。